

DOI:10.14090/j.cnki.jscx.2019.0204

【创新论坛】

# 战略性新兴产业创新生态系统自组织演化条件及路径研究

周叶, 黄虹斌

(南昌航空大学 经济管理学院, 江西 南昌 330063)

**摘要:**从系统演化角度分析战略性新兴产业创新生态系统已成为重要的研究课题,构建、发展和完善战略性新兴产业对提升我国创新能力、促进经济发展具有重要意义。以战略性新兴产业创新生态系统为研究对象,将自组织演化和熵变理论引入创新生态系统,分析发展战略性新兴产业的战略意义以及其自组织演化特征和条件,并对战略性新兴产业创新生态系统进行熵变分析,构建熵变模型,针对不同演化阶段和路径提出了发展战略性新兴产业的对策和建议。研究表明,开放性和非平衡态是该系统自组织演化的前提,非线性机制和随机涨落属性对推动其演化起关键作用,战略性新兴产业创新生态系统的自组织特性,是通过负熵的不断增加来抵御自身演化带来的正熵,以此来稳定整个系统。在不同演化阶段需要根据实际情况采取措施来保持创新生态系统的稳定,促进产业的有序化发展。

**关键词:**战略性新兴产业;创新生态系统;自组织演化;熵变-模型;正负熵;

中图分类号:F 124.3

文献标识码:A

文章编号:1672-7312(2019)02-0158-05

## Study on Self-Organizing Evolution Conditions and Paths of Innovation Ecosystem of Strategic Emerging Industries

ZHOU Ye, HUANG Hong-bin

*(School of Economics and Management, Nanchang Aeronautical University, Nanchang 330063, China)*

**Abstract:** It has become an important research topic to analyze the innovation ecosystem of strategic emerging industries from the angle of system evolution. It is of great significance to construct, develop and perfect the strategic emerging industries to promote the innovation ability and the economic development of China. Taking the innovation ecosystem of strategic emerging industry as the research object, this paper introduced the theory of self-organization evolution and entropy change into the innovation ecosystem, and analyzed the strategic significance, characteristics and conditions of self-organization evolution of the development of strategic emerging industry. The entropy change model of the innovation ecosystem of strategic emerging industry is analyzed, and the countermeasures and methods of developing strategic emerging industry are put forward in the light of different evolution stages and paths. The results show that the open and non-equilibrium states are the premise of the self-organization evolution of the system. The nonlinear mechanism and random fluctuation properties play a key role in promoting its evolution. The self-organizing characteristics of the strategic emerging industry innovation ecosystem are through negative The entropy is constantly increasing to withstand the positive entropy brought about by its own evolution, in order to stabilize the entire system. In different stages of evolution, it is necessary to take measures according to actual conditions to maintain the stability of the innovation ecosystem and promote the orderly development of the industry.

**Key words:** strategic emerging industry; innovation ecosystem; self-organization evolution; entropy model; positive and negative entropy

收稿日期:2018-08-13

基金项目:国家自然科学基金项目“区域农产品冷链物流的碳减排机理、路径与策略研究”(71563030);江西省教育厅科技项目“面向航空复杂产品项目的知识服务网络构建与治理机制研究”(GJJ150746)

作者简介:周叶(1977-),男,江西临川人,副教授,主要从事知识与创新管理等的工作。

## 0 引言

战略性新兴产业是指建立在重大前沿科技突破基础上,代表未来科技和产业发展新方向,体现当今世界知识经济、循环经济、低碳经济发展潮流,尚处于成长初期、未来发展潜力巨大,对经济社会具有全局带动和重大引领作用的产业。战略性新兴产业的发展是现阶段我国现代化产业体系发展的主要内容和方向,也是我国产业结构调整的重要关键点以及抢占新形势下科技与经济发展制高点的重大战略。产业创新是产业发展保持生机与活力的关键所在<sup>[1]</sup>,优化战略性新兴产业创新生态系统不仅对提高产业创新有极大的促进作用,还对提升我国自主创新能力,提高我国国际地位,促进社会主义经济发展具有重要的推动作用。

在我国,关于战略性新兴产业的研究,学者们大多都认为产业创新特别是核心技术和产品的创新对于战略性新兴产业的发展是至关重要的,并且基于发展模式和发展路径、概念界定和框架研究、治理机制和政策配套体系等角度对如何实现战略性新兴产业长远发展进行了探讨<sup>[2-5]</sup>。但是,作为发展中国家,我国新兴产业的发展面临着核心技术严重依赖国外、自主创新能力不足、配套政策和措施不完善、市场需求落后等方面的制约,因此发展战略战略性新兴产业必须从整个战略性新兴产业创新生态系统的角度去考虑。Autio 和 Thoms 认为产业创新生态系统的成功不仅要依赖于核心企业和创新平台,更需要系统内各个参与者相互高效合作和共生演化<sup>[6]</sup>。Mahogunje 指出产业创新生态系统的发展应该向高效合作、平台竞争以及共生演化这3个方向做出改变<sup>[7]</sup>。国内学者任大帅等利用复杂适应系统理论的基础上,研究了主流和新流创新生态系统竞争和协同的演化机制<sup>[8]</sup>。樊霞等采用文献计量法揭示了创新生态系统的主题演化规律,发现其主题分别为“可持续发展”“开放创新”以及“价值创造和协同创新”<sup>[9]</sup>。欧中辉等构建创新生态系统共生演化模型,对不同的共生演化模式进行计算机仿真,研究结果表明创新生态系统演化的均衡结果取决于核心企业、配套组织之间共生系数的取值<sup>[10]</sup>。黄海霞等在协同创新网络相关理论研究的基础上,研究了协同创新网络在创新生态系统中的运行规律与机制,并对华为和腾讯等创新生态系统进行案例研究,深度剖析了其协同创新网络的发展模式<sup>[11]</sup>。从相关前人研究文献可以看出,缺少对战略性新兴产业创新

生态系统演化机制的研究,战略性新兴产业创新生态系统有着开放性、远离平衡态、非线性等复杂适应系统的基础特征,并与外部不断地进行着物质和能量的交换,使得系统一直处于一个从平衡状态向新的平衡状态转变的过程。自组织理论作为一个用于分析处理远离平衡态的开放系统的有力工具,已经广泛运用到医学、管理、工程等领域<sup>[12]</sup>。本文将该理论运用到战略性新兴产业创新生态系统的演化过程中,深入剖析其演化特征和条件,并借用熵变理论构建该系统能量交换的熵变模型,分析其演化路径和提出建议,从而在一定程度上对优化和发展战略性新兴产业创新生态系统具有积极的作用。

## 1 战略性新兴产业创新生态系统自组织演化条件

### 1.1 必要条件

保持整个系统的开放性是战略性新兴产业创新生态系统自组织演化的前提,而非平衡态则加速了系统内外部要素间的有序运动,两者的共同作用推动该系统自组织演化的重要因素。战略性新兴产业创新生态系统是一个典型的开放性系统,该系统从外界获取创新的必备资源,同时向战略性新兴产业市场输出创新产品,进而推动系统向正向演化。

保持战略性新兴产业创新生态系统的开放性是其自组织演化稳定的重要原因。当系统远离平衡态时,由于系统内创新主体的创新意识和水平的差异、创新资源的分布不均以及创新政策的偏向等因素,必然将导致竞争态势,进而导致创新主体、创新环境和系统外部要素之间产生信息、物质和能量的交换,产生新的创新需求和动力。平衡态下的封闭系统,系统与外界交流很少,内参量难以改变,各种创新所需要的资源难以在创新主体之间调配,产品市场化的输出难以匹配,进而难以带动新兴产业创新效益的提升。

### 1.2 动力条件

依据耗散结构理论,系统内外部要素间的非线性作用是系统向有序结构演化的潜在因素<sup>[13]</sup>。在战略性新兴产业创新生态系统的演化过程中,系统内外部要素间都存在耦合作用,该类扰动效应放大了系统内部各要素之间的微观行为,导致影响系统整体态势的表现为“1 + 1 > 2”,是战略性新兴产业创新生态系统向有序的自组织演化的内在动因。随机涨落现象遍布系统演化的各个阶段,会对系统造成不同的效果,不仅打破了处于平衡态的系统,还对

系统远离非平衡态产生了重要的影响。可见,战略性新兴产业创新生态系统的开放性和非平衡态是其自组织演化的前提,而对其自组织演化起关键推动作用的是非线性机制和随机涨落属性。

随着创新平台的不断健全、政府对新兴产业发展的政策调整、战略性企业宏观调整、产品不断变化以及消费者需求的变化等都会造成系统在宏观或是微观上发生改变。这些随机项成为系统演化的积极因素,在某些场合甚至会产生关键的影响。一般来说,这些随机项对系统的演化造成的影响很小,但是当其处于态势的临界点时,就会对系统造成一定的影响甚至破坏,进而导致系统重组。原本看似平常的随机涨落通过系统内外部要素间的非线性作用不断放大,最终形成了可以推动系统正向演化的巨涨落。

## 2 战略性新兴产业创新生态系统自组织演化路径

### 2.1 系统演化的熵变因素

一般来说,用熵值衡量系统结构的有序程度已是一种成熟的方法。熵值的大小反映了系统内外部要素之间资源配置效率的高低,熵值由大变小,代表着资源配置效率由低变高,意味着系统有序结构程度与熵值大小成反比。战略性新兴产业创新生态系统的自组织特性,通过负熵的不断加来抵御自身演化带来的正熵,以此来稳定整个系统。战略性新兴产业创新生态系统内外部要素之间的相互作用对其熵的影响有可能是两面性的,即产生正熵或负熵,了解正熵或负熵产生的原因以及通过有效的措施,使系统产生有序的自组织结构以及朝着正向演化。

#### 2.1.1 产生正熵的因素

导致系统产生正熵主要因素有:①系统要素间协调能力差。系统内各个创新主体间缺少交流,缺乏统一的管理和规制,政府相关政策扶持力度不足等,造成创新资源的浪费。②战略性新兴产业创新生态系统运行模式落后。系统组织结构落后,缺乏科学的管理,严重依赖传统的产业系统运行模式,导致产业目标难以实现,系统功能发挥失调。③系统内外部要素间资源交流不顺畅。创新经济高速发展的背景下,系统内外部要素之间由于缺乏协调导致资源配置效率低以及难以适应。④系统内创新基础设施建设不完备,与新兴产业发展的经济目标不匹配。⑤相同市场的战略性新兴产业创新生态系统之间普遍存在产品竞争,导致市场失灵以及浪费资源。⑥政府的扶持政策以及市场风向不稳定,给系统带

来冲击。

这些因素具有自发性,是阻碍系统向高级演化的重要原因。

#### 2.1.2 产生负熵的因素

战略性新兴产业创新生态系统中的创新主体和创新环境间物质、信息以及资源的交流所产生的负熵可以抵御系统内一些不可协调因素产生的正熵,达到稳固系统有序结构的目的。系统产生的负熵不仅需要内部要素相互协调,还需要外部要素从中配合。

有助于负熵产生的主要因素有:①系统内创新主体之间组成创新联盟。比如高校、科研机构以及企业组成的产学研联盟,大幅提高了系统的创新能力。②战略性新兴产业创新生态系统基础设施建设完备。完整的基础设施有助于系统信息和资源的高效传递,系统功能完整且运行流畅。③国家和地方政府在政策和制度上的大力扶持有利于创新生态系统的良性发展。④系统内创新主体合理的创新发展计划以及密切关注经济发展背景,做出及时的调整和规划。⑤系统内行业协会、中介机构以及金融机构等服务职能机构的健全。⑥系统内创新主体敏锐地捕捉市场动向以及积极开拓新兴产业市场。

### 2.2 熵变理论的引入

熵,热力学中表征物质状态的参量,也可以表示体系混乱程度的度量<sup>[14]</sup>。熵值的大小在一定程度上可以衡量系统的有序程度。当系统状态发生改变时,系统的熵值也会随之改变,可以根据熵值的变化来反映系统结构演化的路径和速度<sup>[15]</sup>。对于开放的创新生态系统,系统的总熵变可分为 2 部分<sup>[16]</sup>,即

$$ds = d_i s + d_e s \tag{1}$$

$$d_e s = d_c s - d_r s \tag{2}$$

其中  $ds$  为系统的总熵,即系统内的熵增和熵减之和; $d_i s$  为系统内部自发的增熵,且  $d_i s > 0$ ;  $d_e s$  为系统和环境交换物质、能量、信息而引起的负熵; $d_c s$  可正可负; $d_r s$  为系统的熵流出; $d_r s$  为系统的熵流入; $e$  为外界环境因素对创新生态系统的影响,系统的总熵  $d_s$  等于系统内部自发产生的熵流  $d_i s$  与系统和外界交换物质、能量、信息引起的熵流  $d_e s$  之和,具体熵变平衡如图 1 所示。如果  $ds > 0$ ,则系统的混乱程度加大,系统负向演化,系统结构处于紊乱的状态;如果  $ds < 0$ ,系统结构稳定,系统有序度增加,系统朝正向演化。因此,要使得系统处于良好发展状态,就要使  $d_e s < 0$ ,即  $|d_c s| > |d_r s|$ ,就会有  $ds = d_i s + d_e s < 0$ 。

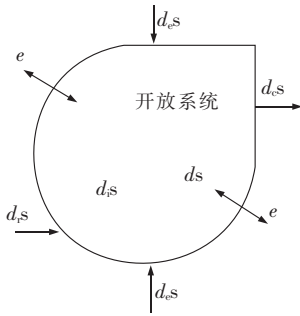


图1 开放系统的熵变平衡图

上述表明,只有系统从外界环境获取的负熵流大于系统自身产生的正熵流,系统的总熵才会减小,系统结构才会趋于有序化。

### 2.3 熵变模型的构建

借用熵理论,根据(1)(2)并结合新兴产业创新生态系统的特点,可以得出:在不考虑时间和空间的状态下,战略性新兴产业创新生态系统与外界环境发生物质、能量、资金等方面的交流,可将此创新系统的熵表示为以下的函数形式

$$S = f(Q, V, L, T) \quad (3)$$

其中  $S$  为新兴产业创新生态系统的熵状态参量;  $Q, V, L, T$  为熵变函数的控制变量;  $Q$  为系统的信息、物质能量;  $V$  为物质、信息能量相应的经济价值;  $L$  和  $T$  分别为系统的空间和时间状态变量,即战略性新兴产业创新生态系统演化的不同阶段,它们对系统的熵也起到了一定的影响<sup>[17]</sup>(本文将  $L$  视为常数)。在新兴产业创新生态系统中,由于各项创新活动主要是靠资金流的推动来完成的,而系统的熵能量也可换算成相应的经济价值来表达,根据熵的基本性质,可定义出新兴产业创新生态系统的熵为<sup>[18]</sup>

$$E(s) = \frac{Q}{V} \quad (4)$$

即新兴产业创新生态系统的熵为在某一状态下其所拥有的能量与其经济价值之比。由于  $Q$  和  $V$  均为时间的函数,对上式两边分别求  $t$  的导数

$$\frac{dE(s)}{dt} = \frac{d(Q/V)}{dt} = \frac{1}{V} \frac{dQ}{dt} - \frac{Q}{V^2} \frac{dV}{dt} \quad (5)$$

将其改写为差分形式

$$\Delta E(s) = \left[ \frac{Q_N - Q_0}{V} \right] - \frac{Q}{V^2} \Delta V = \left[ \frac{Q_N - Q_0}{V} \right] -$$

$$\frac{Q}{V} \frac{\Delta V}{V} = [E(s)_N - E(s)_0] - E(s) \frac{\Delta V}{V} \quad (6)$$

其中  $Q_N$  和  $Q_0$  分别对应为创新生态系统终态和初态的物质能量信息;  $\Delta V$  为相应时间段内系统物

质能量所对应的经济价值;  $E(s)_N, E(s)_0$  分别表示创新生态系统的终态熵和初态熵,其差即为系统的内部熵产生  $E(s)_i$ ;  $E(s) \frac{\Delta V}{V}$  则为终始时间间隔内系统与外界环境交换的熵流  $E(s)_e$ 。

战略性新兴产业创新生态系统的熵  $E(s)$  的大小由  $Q, V, T, L$  这4个控制变量来决定,  $T$  为产业创新生态系统的时间变量,  $T$  的改变伴随着  $Q, V$  所包含的在一定时间段内该系统的物质能量以及相对于的经济价值由于该系统非线性机制和随机涨落因素造成该系统发生有序的动态演化,系统的总熵也随之发生改变。由于产业创新总在一定的区域内,所以把  $L$  视为常数,不计考虑。

根据式(6),  $E(s)_t$  为第  $t$  时间段新兴产业创新生态系统的熵,它是一状态函数,只要系统状态一定,相应熵值也就确定。为此,依据熵理论和熵变关系可以建立新兴产业创新生态系统演化方向的判别模型

$$\Delta E(s) = E(s)_{t+1} - E(s)_t \quad (7)$$

其中  $E(s)_{t+1}$  为系统第  $t+1$  时间段的初态熵(即第  $t$  时间段的末态熵);  $E(s)_t$  为第  $t$  时间段的初态熵;  $\Delta E(s)$  为  $t$  时间段创新生态系统与外界环境产生的熵流交换。 $\Delta E(s)$  的值可小于零、大于零或等于零。根据熵值  $\Delta E(s)$  的大小,可判断系统的演化方向以及稳定程度。

当  $\Delta E(s) > 0$  时,表明战略性新兴产业创新生态系统在演变的过程中,系统与外部环境进行交流所产生的熵流小于创新系统内部自身带来的熵产生。此时,创新生态系统内部矛盾激化,系统结构紊乱,无序度加大,阻碍了系统与外界环境的物质与能量交流,处于一种不稳定的发展过程中,系统演化路径是负向的。在这种情况下,应缓和系统内部矛盾,充分与外界环境发生交流,把环境中获得的物质和能量尽可能转化为高质量的创新产品,以产生足够的负熵流,促使系统向正向演化。

当  $\Delta E(s) < 0$  时,即系统从外界获取的负熵大于自身产生的正熵,此时,系统结构稳定,能够充分与外界环境产生物质交流,系统有序度增加,系统功能发挥完备,处于一种良好的循环发展过程中,系统的演化路径是正向的。

当  $\Delta E(s) = 0$  时,表明系统在一段时间内总熵无变化。在这种情况下,系统处于一种特殊的“平衡”状态,系统的演化路径是随机的,即整个产业创新生态系统的状态和初始状态一样。这在产业创新生态系统中是一种理想的状态,即系统内的资源可

以得到最大限度的循环使用。

上述3种情况都有可能出现在战略性新兴产业创新生态系统的发展过程中,在不同发展阶段需要根据实际发展情况采取相应措施来保持创新生态系统的稳定,促进产业的有序化发展。

### 3 结 语

本文基于自组织理论以及熵变理论,对战略性新兴产业创新生态系统演化特征、演化条件以及演化路径分析,为推动战略性新兴产业创新生态系统的建设与发展提供决策依据。

从全球范围来看,中国战略性新兴产业的发展目前还不够成熟,中兴通讯被美国制裁事件深刻地反映了战略性新兴产业核心技术自主创新能力不足,企业核心科技严重依赖国外等问题<sup>[19]</sup>。通过上文的分析,并结合中国战略性新兴产业发展现状,对中国战略性新兴产业的发展提出如下几个建议。

1) 加强战略性新兴产业创新生态系统主体要素建设,创新主体在整个系统中居于主导地位,是创新的源泉,加强创新主体的建设不仅有利于提高系统的创新能力还对系统的可持续发展具有一定的积极影响。

2) 改善战略性新兴产业创新生态系统的外部环境,新兴产业创新系统是开放性的,这就要求其必须与外界保持密切联系,积极与外界交换物质和能量等资源,特别是加强与大学以及科研机构的知识技术交流,吸引专业人才;密切关注市场和消费者动向,增强资源和信息转化水平。

3) 加强创新生态系统主体要素间以及与外部要素之间的交流,创新系统主体要素与外部要素之间的交流不仅给系统带来了必要的信息和资源,还产生了足够多的负熵,有效地促进了系统的演化。

4) 完善创新生态系统配套设施建设,战略性新兴产业创新生态系统是一个复杂的开放系统,系统中的许多功能都需要配套设施才能执行,加强配套设施的建设,有助于整个创新生态系统良好运行。

### 参考文献:

[1] 姜义平. 战略性新兴产业创新平台构建研究[J]. 技术与创新管理,2012,33(06):613-615+631.  
 [2] 欧雅捷,林迎星. 战略性新兴产业创新系统构建的基础探讨[J]. 技术经济,2010,29(12):7-11.

[3] 林学军. 战略性新兴产业的发展与形成模式研究[J]. 中国软科学,2012(02):26-34.  
 [4] 武建龙,王宏起. 战略性新兴产业突破性技术创新路径研究——基于模块化视角[J]. 科学学研究,2014,32(04):508-518.  
 [5] 陆国庆,王 舟,张春宇. 中国战略性新兴产业政府创新补贴的绩效研究[J]. 经济研究,2014(07):44-55.  
 [6] Autio E, Thomas L. Charting the innovation ecosystem [M]//Dodgson M, Gann D, Phillips N, et al. The Oxford handbook of innovation management, Oxford University Press, 2014:204-228.  
 [7] Hwang V, Mahogunje A. The new economics of innovation ecosystems [J]. Stanford Social Innovation Review, 2013, 8(06):123-125.  
 [8] 任大师,朱 斌. 主流创新生态系统与新流创新生态系统:概念界定及竞争与协同机制[J]. 技术经济, 2018(02):28-38.  
 [9] 樊 霞,贾建林,孟洋仪. 创新生态系统研究领域发展与演化分析[J]. 管理学报,2018(01):151-158.  
 [10] 欧忠辉,朱祖平,夏敏,陈衍泰. 创新生态系统共生演化模型及仿真研究[J]. 科研管理,2017,(12):49-57.  
 [11] 黄海霞,陈 劲. 创新生态系统的协同创新网络模式[J]. 技术经济,2016(08):31-37.  
 [12] 湛垦华,沈小峰. 普利高津与耗散结构理论[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1998.  
 [13] 任锦鸾. 基于复杂性理论的创新系统理论及应用研究[D]. 天津:天津大学,2010.  
 [14] 任佩瑜,王 苗,任竞斐,等. 从自然系统到管理系统——熵理论发展的阶段和管理熵规律[J]. 管理世界,2013(12):182-183.  
 [15] 汪应洛. 系统工程理论、方法与应用(第2版)[M]. 北京:高等教育出版社,1998.  
 [16] 湛垦华,沈小峰. 普利高津与耗散结构理论[M]. 西安:陕西科学出版社,1998.  
 [17] Dowrick S. Stackelberg and Cournot duopoly: choosing roles [J]. Rand Journal of Economics, 1986, 17(02):251-260.  
 [18] Hyeon-Hyo A. Speculation in the financial system as a dissipative structure [J]. Seoul Journal of Economics, 2001, 10(03):172-183.  
 [19] 樊志刚,王 婕. 美国国家安全审查制度对中国企业拓展美国市场的启示——基于华为、中兴通讯被美调查事件[J]. 国际经济评论,2013(02):74-85.

(责任编辑:严 焱)